

明 細 書

成形性に優れるフェライト系ステンレス鋼板およびその製造方法

技術分野

本発明は、特に高温強度や耐酸化性が必要な自動車の排気系部材などの使用に最適な成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼板およびその製造方法に関するものである。

背景技術

自動車のエキゾーストマニホールドやマフラーなどの排気系部材には、高温強度や耐酸化性が要求され、耐熱性に優れたフェライト系ステンレス鋼が使用されている。これらの部材は、鋼板からプレス加工により製造されるため、素材鋼板のプレス成形性が求められる。一方、使用環境温度も年々高温化しており、Cr, Mo, Nbなどの合金添加量を増加させて高温強度、耐酸化性や熱疲労特性などを高める必要が出てきた。添加元素が増えると素材鋼板の加工性は単純な製法では落ちてしまうため、プレス成形できない場合があった。

加工性の指標は延性や深絞り性などの指標があるが、上記の排気部材の加工においては基本指標となる伸びと r 値が重要となる。 r 値の向上には、冷延圧下率を大きくとることが有効であるが、上記のような部材は比較的厚手材（1.5～2 mm程度）を素材として用いるため、冷延素材厚さがある程度規制される現状の製造プロセスにおいては冷延圧下率を十分に確保できない。

この問題を解決するために、高温特性を損なわず r 値を向上させるための成分や製造方法による工夫がなされてきた。

従来、上記耐熱鋼として使用されるフェライト系ステンレス鋼板

の成形性向上には、特開平 9 - 279312号公報のように成分調整によるものが開示されているが、これだけでは冷延圧下率が比較的低い厚手材においてプレス割れなどの問題があった。

特開 2002 - 30346号公報には、熱延仕上開始温度、終了温度およびNb含有量と熱延板焼鈍温度の関係から最適な熱延板焼鈍温度を規定しているが、特にNb系析出物に關与する他元素（C，N，Cr，Moなど）の影響によっては、これだけでは十分な加工性が得られない場合があった。また、特開平 8 - 199235号公報には、熱延板を650～900℃の範囲で1～30時間時効処理をする方法が開示されている。これは、Nb析出物を冷延前に析出させることで再結晶を促進させる技術思想であるが、この方法でも十分な加工性が得られない場合があったり、生産性が著しく落ちる課題があった。一般的に熱延鋼板はコイル状に巻かれ、次工程に供されるが、コイル状態で時効処理を施した場合にコイルの長手方向（最外巻き部と最内巻き部）で組織および製品化した際の加工性が著しくことなり、ばらつきが大きくなることが判明した。

発明の開示

本発明は、既知技術の問題点を解決し、成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼板を提供することにある。

上記課題を解決するために、本発明者らはフェライト系ステンレス鋼板の成形性に関して、成分および製造過程における組織、析出物についての詳細な研究を行い、以下に記載する発明を完成した。

上記課題を解決する本発明の要旨は次のとおりである。

（1）質量％で、C：0.001～0.010％、Si：0.01～0.3％、Mn：0.01～0.3％、P：0.01～0.04％、N：0.001～0.020％、Cr：10～20％、Nb：0.3～1.0％、Mo：0.5～2.0％を含有し、残部がFeおよび不

可避的不純物より成るフェライト系ステンレス鋼板において、総析出物が質量%にて0.05~0.60%以下であることを特徴とする成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼板。

(2) 質量%で、さらに、Ti : 0.05~0.20%、Al : 0.005~0.100%、B : 0.0003~0.0050%の1種または2種以上を含有することを特徴とする(1)記載の成形性に優れるフェライト系ステンレス鋼板。

(3) 質量%で、さらに、Cu : 0.2~3.0%、W : 0.01~1.0%、Sn : 0.01~1.0%の1種または2種以上を含有することを特徴とする

(1) または(2)記載の成形性に優れるフェライト系ステンレス鋼板。

(4) (1) ~ (3) のいずれかの項に記載の成分組成を有する冷間圧延素材をNb系析出物が体積%にて0.15%以上0.6%以下、かつ直径が $0.1\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下となるよう製造し、続いて冷間圧延、 $1010\sim 1080^{\circ}\text{C}$ で焼鈍することを特徴とする成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼板を製造する方法。

(5) (1) ~ (3) のいずれかの項に記載の成分組成を有する冷間圧延素材を再結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以上 $40\mu\text{m}$ 以下、かつ再結晶率が10~90%になるように製造し、続いて冷間圧延、 $1010\sim 1080^{\circ}\text{C}$ で焼鈍することを特徴とする成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼板を製造する方法。

(6) (1) ~ (3) のいずれかの項に記載の成分組成を有する冷間圧延素材をNb系析出物が体積%にて0.15%以上0.6%以下、かつ直径が $0.1\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下、かつ再結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以上 $40\mu\text{m}$ 以下、かつ再結晶率が10~90%になるように製造し、続いて冷間圧延、 $1010\sim 1080^{\circ}\text{C}$ で焼鈍することを特徴とする成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼板を製造する方法。

図面の簡単な説明

図 1 は、製品板の析出量と伸びの関係を示した図である。

図 2 は、700～950℃に加熱した際に析出するNb系析出物量と製品板の r 値の関係を示す図である。

図 3 は、冷延素材のNb系析出物直径と製品板の r 値の関係を示す図である。

図 4 は、冷延素材の再結晶粒径、再結晶率と r 値、 Δr 値の関係を示す図である。

発明を実施するための最良の実施形態

以下に本発明の限定理由について説明する。

Crは、耐食性の観点から10%以上の添加が必要であるが、20%超の添加は韌性劣化により製造性が悪くなる他、材質も劣化する。よって、Crの範囲は10～20%とした。更に、耐酸化性と高温強度の確保という観点では13～19%が望ましい。

Nbは、固溶強化および析出強化の観点から、高温強度を向上のために必要な元素である。また、CやNを炭窒化物として固定し、製品板の耐食性や r 値に影響する再結晶集合組織の発達に寄与する役割もある。その作用は、0.3%以上で発現するため、下限を0.3%とした。また、本発明では冷延前のNb系析出物（Nb炭窒化物やFe, Cr, Nb, Moを主成分とする金属間化合物であるラーフェス相）を制御して加工性を向上させるものであり、そのためにはC, Nを固定する以上の添加Nb量が必要であるが、その効果は1.0%で飽和するため上限を1.0%とした。更に、製造コストや製造性を考慮すると0.35～0.55%が望ましい。

Moは、耐食性を向上させるとともに、高温酸化を抑制するために耐熱鋼として必要な元素である。また、ラーフェス相生成元素でも

あり、これを制御して加工性を向上させるためには0.5%以上が必要である。これは、0.5%未満であると、再結晶集合組織を発達させるために必要なラーフェス相が析出せず、製品板の再結晶集合組織が発達しないためである。また、Moの固溶による高温強度確保を考慮すると、Moの下限を0.5%とした。但し、過度な添加は靱性劣化や伸びの低下をもたらすために、上限を2.0%とした。更に、製造コストや製造性を考慮すると1.0~1.8%が望ましい。

Cは、成形性と耐食性を劣化させるため、その含有量は少ないほど良いため、上限を0.010%とした。但し、過度の低減は精錬コストの増加に繋がるため、下限を0.001%とした。更に、製造コストと耐食性を考慮すると0.002~0.005%が望ましい。

Siは、脱酸元素として添加される場合がある他、耐酸化性の向上をもたらすが、固溶強化元素であるため、材質上その含有量は少ないほど良い。また、Siの添加はラーフェス相生成を促進する作用がある。過度に添加するとラーフェス相生成量が多くなるが、微細析出してr値の低下をもたらすため、適度な添加が有効である。本発明では製造工程におけるラーフェス相析出量およびサイズを考慮して、上限を0.3%とした。一方、耐酸化性確保のため、下限を0.01%とした。但し、過度の低減は精錬コストの増加に繋がるため、下限は0.05%が望ましい。更に、材質を考慮すると上限は0.25%が望ましい。

Mnは、Si同様、固溶強化元素であるため、材質上その含有量は少ないほど良いので、上限を0.3%とした。一方、スケール密着性確保のため、下限を0.01%とした。但し、過度の低減は精錬コストの増加に繋がるため、下限は0.10%が望ましい。更に、材質を考慮すると上限は0.25%が望ましい。

Pは、MnやSi同様に固溶強化元素であるため、材質上その含有量

は少ないほど良いため、上限は0.04%が望ましい。但し、過度の低減は精錬コストの増加に繋がるため、下限は0.01%が望ましい。更に、製造コストと耐食性を考慮すると0.015~0.025%がさらに望ましい。

Nは、Cと同様に成形性と耐食性を劣化させるため、その含有量は少ないほど良いため、上限は0.020%とした。但し、過度の低下は精錬コストの増加に繋がるため、下限を0.001%とした。更に、製造コストと加工性及び耐食性を考慮すると0.004~0.010%が望ましい。

Tiは、C, N, Sと結合して耐食性、耐粒界腐食性、深絞り性を向上させるために必要に応じて添加する元素である。C, N固定作用は0.05%から発現するため、下限を0.05%とした。また、Nbと複合添加することにより、長時間高温に曝された中での高温強度を向上させ、耐酸化性ならびに耐熱疲労性の向上にも寄与する。但し、過度な添加は、製鋼過程の製造性や冷延工程での疵の発生をもたらしたり、固溶Tiの増加により材質が劣化するため、上限を0.20%とした。更に、製造コストなどを考慮すると、0.07~0.15%が望ましい。

Alは、脱酸元素として添加される場合があり、その作用は0.005%から発現するため、下限を0.005%とした。また、0.100%を超える添加は、伸びの低下、溶接性および表面品質の劣化、耐酸化性の劣化などをもたらすため、上限を0.10%とした。更に、精錬コストを考慮する0.01~0.08%が望ましい。

Bは、粒界に偏析することで製品の2次加工性を向上させる元素である。この作用が発現するのは、0.0003%からであるため、下限を0.0003%とした。但し、過度な添加は加工性、耐食性の低下をもたらすため、上限を0.0050%とした。更に、コストを考慮すると、

0.0005～0.0010%が望ましい。

Cu, WおよびSnは、更に高温強度安定化のために用途に応じて添加すれば良く、Cuは0.2%以上、W, Snは0.01%以上添加すると高温強度への寄与が発現する。一方、Cuは3.0%超、W, Snは1.0%超添加すると延性が著しく劣化する他、表面疵の発生が生じる。更に、製造コストや製造性を考慮すると、Cuは0.5～2.0%、W, Snは0.1～0.5%が望ましい。

本発明の様に耐熱用途で使用する鋼は、合金添加量が比較的多いため、総析出物が一般鋼よりも多く生成する。本発明では、製品板の総析出物含有量がプレス成形性に大きく影響を与え、質量%にて0.60%以下とすることが有効であることを見出した。図1に製品板の析出量と伸びの関係を示す。ここで、析出量は10%アセチルアセトン+1%テトラメチルアンモニウムクロライド+メタノールを用いて電解して総析出物を抽出し、総析出物の質量%を求めた量である。伸びは、JISZ2241に従い、圧延方向に引張試験を行った時の破断伸びである。これより、析出量が0.5%以下の場合に35%以上の伸びが得られており、耐熱鋼板のプレス加工において要求される延性が得られる。製品板の総析出量は、成分と製造過程の熱処理温度が影響する。本発明の鋼成分範囲においては、冷延板焼鈍温度を1010℃以上とすれば良いが、過度な高温焼鈍は結晶粒径の粗大化に伴いプレス加工時に肌荒れや肌荒れ部からの破断をもたらすため、1080℃以下が良い。析出量の下限は低い程伸びが向上するが、過度に低いと高温特性の劣化をもたらすため、下限は0.05%とした。望ましくは、0.10～0.50%である。

次に製造工程における冷延素材組織について説明する。

本発明品の主な使用用途である耐熱部材の鋼には高温特性に優れていることが要求されるため、Cr, Nb, Moが添加される。これら元

素の範囲については先述のとおりとするが、これらが添加された鋼は、製造工程および使用中においてNb系析出物（主にNb炭窒化物やNb, Mo, Crを含有するラーフェス相と呼ばれる金属間化合物）が析出する。この析出物は950℃以下で析出するが、本発明においてはこの析出量が製品板の加工性に及ぼす影響を丹念に調査した。図3に冷延素材を700～950℃に加熱した際のNb系析出物の析出量（質量％）と製品板のr値の関係を示す。ここで、析出量は抽出残渣分析により析出しているNb量を求めた。また、平均r値の評価は、冷延焼鈍板からJIS13号B引張試験片を採取して圧延方向、圧延方向と45°方向、圧延方向と90°方向に15%歪みを付与した後に（1）式および（2）式を用いて平均r値を算出した。

$$r = \ln(W_0 / W) / \ln(t_0 / t) \quad \cdots (1) \text{ 式}$$

ここで、 W_0 は引張前の板幅、 W は引張後の板幅、 t_0 は引張前の板厚、 t は引張後の板厚である。

$$\text{平均 } r \text{ 値} = (r_0 + 2r_{45} + r_{90}) / 4 \quad \cdots (2) \text{ 式}$$

ここで、 r_0 は圧延方向のr値、 r_{45} は圧延方向と45°方向のr値、 r_{90} は圧延方向と直角方向のr値である。図2より、Nb系析出物が0.15%以上析出した場合にr値が1.4以上となる。該鋼の様な耐熱鋼板に期待されるr値は1.4以上あれば良いため、上記を発明範囲とした。またNb析出物を0.6%超にしてもr値の効果は飽和し、かつ材料の靱性を損なうので上限を0.6%とした。望ましい範囲は0.2から0.6%である。

本発明では、Nb系析出量のみならず、析出物の大きさがr値に重要であることを見出した。即ち、Nb析出量が多くてもそれが微細に析出した場合は、冷延板焼鈍時の再結晶・粒成長過程で母相の再結晶・粒成長を阻害するため、r値は向上しない。図3に冷延素材に存在する析出物直径と製品板のr値の関係を示す。ここで、析出物

直径とは、製品板の析出物について電子顕微鏡にて観察して形状を測定した後、円相当直径に換算したものである。100個以上の析出物の円相当直径を求め、平均値を析出物径とした。これより、冷延素材に存在する析出物直径が $0.1\mu\text{m}$ 以上の場合に、 r 値が1.4以上になっている。しかし $1\mu\text{m}$ を超えると効果が飽和し、かつ材料の靱性を損なうため、好ましい範囲は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下である。さらに望ましい範囲は、 $0.2\mu\text{m}$ 以上、 $0.6\mu\text{m}$ 以下がよい。

上述した様に、冷延素材は完全再結晶した素材が用いられ、そのために熱延および焼鈍条件が決定される。しかしながら、完全再結晶組織を得ても再結晶粒径が粗大であれば、期待する r 値は得られにくい場合があることが判明した。また、該鋼が使用される耐熱部材の加工においては、 r 値のみならず r 値の異方性が小さいことが要求される場合がある。 r 値の異方性は Δr で定義され、この値が大きいと加工品の形状が悪くなり、歩留まり低下等をもたらすため、該部品では Δr で0.4以下が要求される特性である。即ち、該加工に対しては、高 r 値—低 Δr が要求され、本発明では従来とは異なる冷延素材組織が極めて有効であることを見出した。図4に冷延素材の再結晶粒径、再結晶率と製品板の r 値、 Δr 値の関係を示す。これより、好ましい再結晶粒径範囲は $1\mu\text{m}$ 以上 $40\mu\text{m}$ 以下であれば、 r 値が1.4以上となり、更に再結晶率が90%以下の場合に Δr 値が0.4以下となることがわかる。尚、 Δr 値は(3)式を用いて求めた。

$$\Delta r \text{ 値} = (r_0 + r_{90}) / 4 - 2 r_{45} \cdots (3) \text{ 式}$$

これは、冷延前組織を細粒化すると冷延中に粒界からの変形帯が導入され易くなり、冷延板焼鈍時に r 値を向上させる再結晶集合組織が形成され易くなると考えられる。また、冷延前組織の再結晶率が90%以下の場合、熱延組織に起因した未再結晶組織部の方位が異方

性低減に優位に作用する。再結晶率が過度に低いと製品の伸びの低下をもたらすため、望ましい再結晶率は10～90%とした。

実施例

表1、表3に示す成分組成の鋼を溶製しスラブに鑄造し、スラブを熱間圧延して5mm厚の熱延コイルとした。その後、一部の熱延コイルは熱延板焼鈍・酸洗を施し、一部の熱延コイルは酸洗処理のみを施した後、2mm厚まで冷間圧延し、連続焼鈍－酸洗を施して製品板とした。冷延板の焼鈍温度は、1010～1080℃で30～120秒の保定後空冷とした。このようにして得られた製品板から、試験片を採取し、先述した方法で r 値と Δr 値を測定した。また、引張試験（JIS13号B）により圧延方向の常温伸びを測定した。更に、950℃における高温強度（耐力）を測定した。耐熱鋼においては、常温伸びは35%以上、高温強度は20MPa以上あれば、厳しいプレス加工および耐久性が満足される。

表2、表4から明らかなように、本発明で規定する成分組成を有する鋼を本方法にて製造した場合、比較例に比べて平均 r 値、常温伸びが高く、 Δr が低くなっており、加工性に優れていることがわかる。また、高温強度についても上記範囲を満足している。ここで、冷延素材のNb系析出物量、大きさ、再結晶粒径および再結晶率については、鋼成分に応じて熱延板焼鈍条件を変化させて調整した。鋼成分によっては、熱延板焼鈍を施さなくても本発明範囲に入る場合がある。およびまた、Cu、W、Snを添加すると高温強度がより高くなり、耐熱部品の疲労寿命延長につながる。

なお、スラブ厚さ、熱延板厚などは適宜設計すれば良く、熱延板焼鈍条件は冷延前の析出物および組織形態は本範囲に入る条件を適宜選択すれば良く、成分によっては熱延板焼鈍を省略しても構わな

い。また、冷間圧延においては、圧下率、ロール粗度、ロール径、圧延油、圧延パス回数、圧延速度、圧延温度などは適宜選択すれば良い。冷間圧延の途中に中間焼鈍を入れる2回冷延法を採用すれば、更に特性は向上する。中間焼鈍と最終焼鈍は、必要であれば水素ガスあるいは窒素ガスなどの無酸化雰囲気焼鈍する光輝焼鈍でも大気中で焼鈍しても構わない。

表 1

	No.	成分 (質量%)														總析出量 (質量%)
		C	Si	Mn	P	Cr	N	Nb	Mo	Ti	Al	B	Cu	W	Sn	
本 發 明 例	1	0.002	0.29	0.21	0.021	14.5	0.009	0.53	1.5	—	—	—	—	—	—	0.39
	2	0.003	0.04	0.10	0.028	16.1	0.011	0.47	1.7	0.15	0.005	0.0005	—	—	—	0.44
	3	0.004	0.11	0.09	0.018	15.2	0.009	0.45	1.6	0.14	0.005	0.0005	—	—	—	0.39
	4	0.002	0.25	0.25	0.030	14.5	0.015	0.30	0.6	0.10	0.008	0.0003	—	—	—	0.28
	5	0.006	0.29	0.15	0.030	14.2	0.017	0.40	0.5	0.05	0.007	0.0009	—	—	—	0.17
	6	0.003	0.25	0.15	0.035	18.8	0.013	0.55	1.8	0.13	0.030	0.0005	—	—	—	0.33
	7	0.003	0.05	0.09	0.015	19.2	0.009	0.55	1.8	0.11	0.006	0.0006	—	—	—	0.36
	8	0.008	0.13	0.25	0.021	11.3	0.018	0.41	0.5	0.06	0.070	0.0006	—	—	—	0.09
	9	0.005	0.16	0.05	0.013	11.2	0.008	0.32	0.6	0.09	0.031	0.0010	—	—	—	0.11
	10	0.007	0.28	0.13	0.010	15.8	0.011	0.45	0.7	0.14	0.010	0.0032	0.25	—	—	0.15
	11	0.004	0.25	0.15	0.010	16.3	0.008	0.55	1.1	0.05	—	0.0026	—	0.5	—	0.45
	12	0.005	0.16	0.14	0.010	17.8	0.013	0.55	1.6	0.03	0.070	0.0013	—	—	0.12	0.49
	13	0.006	0.15	0.11	0.020	18.6	0.005	0.77	1.8	0.18	—	0.0011	0.52	—	0.05	0.50
	14	0.009	0.06	0.09	0.010	18.3	0.003	0.55	1.4	0.15	0.006	0.0008	2.3	—	—	0.49
	15	0.006	0.18	0.15	0.040	17.1	0.004	0.53	1.2	0.02	—	0.0006	0.3	0.5	0.5	0.43
	16	0.003	0.12	0.25	0.020	16.2	0.001	0.55	1.1	0.17	0.006	0.0004	0.65	0.13	—	0.41

表 2

No.	冷延板焼 鈍温度 ℃	熱延板焼鈍条件		冷延素材の Nb析出量 (体積%)	冷延素材の Nb系析出物 直径 μm	冷延素材の 再結晶粒徑 μm	冷延素材の 再結晶率 %	製品板の r 値	製品板の Δr 値	製品板の 伸び %	製品板の 高温強度 MPa
		温度℃	時間秒								
1	1050	950	60	0.32	0.20	16	16	1.5	0.1	35	21
2	1075	930	60	0.19	0.16	38	85	1.6	0.3	36	22
3	1050	900	50	0.23	0.15	32	89	1.6	0.3	37	21
4	1050	850	130	0.29	0.25	36	85	1.7	0.2	38	20
5	1030	無し	無し	0.38	0.16	23	30	1.6	0.2	38	22
6	1075	940	70	0.54	0.34	38	75	1.4	0.3	35	24
7	1075	850	3600	0.51	0.22	31	46	1.5	0.2	35	25
8	1010	830	36000	0.38	0.12	40	79	1.6	0.2	39	25
9	1010	無し	無し	0.23	0.11	16	53	1.5	0.1	40	22
10	1030	800	9000	0.41	0.60	32	31	1.4	0.2	36	24
11	1070	900	120	0.46	0.25	28	56	1.6	0.2	38	25
12	1070	950	60	0.55	0.19	25	76	1.5	0.3	35	26
13	1070	750	36000	0.59	0.43	19	74	1.7	0.1	35	26
14	1070	950	60	0.43	0.34	37	85	1.5	0.4	35	27
15	1070	810	30	0.51	0.53	32	64	1.6	0.3	38	26
16	1070	750	3600	0.58	0.54	33	54	1.5	0.3	37	29

表 3

No.	成分 (質量%)														總析出量 (質量%)	
	C	Si	Mn	P	Cr	N	Nb	Mo	Ti	Al	B	Cu	W	Sn		
比較 例	17	0.015*	0.04	0.10	0.028	16.1	0.011	0.47	1.7	0.15	0.005	0.0005	—	—	0.49	
	18	0.006	1.2*	0.25	0.030	14.2	0.017	0.40	0.5	0.05	0.007	0.0009	—	—	0.41	
	19	0.007	0.24	1.2*	0.015	19.2	0.009	0.55	1.8	0.11	0.006	0.0006	—	—	0.35	
	20	0.003	0.15	0.07	0.045*	15.8	0.011	0.45	0.7	0.05	0.010	0.0032	—	—	0.34	
	21	0.004	0.11	0.06	0.01	22.5*	0.015	0.30	0.6	0.10	0.008	0.0003	—	—	0.58	
	22	0.003	0.08	0.07	0.028	14.5	0.026*	0.40	0.5	0.05	0.007	0.0009	—	—	0.15	
	23	0.006	0.25	0.29	0.03	16.1	0.009	1.1*	0.5	—	—	—	—	—	0.65*	
	24	0.003	0.29	0.25	0.02	14.0	0.009	0.23*	0.5	0.05	0.070	0.0006	—	—	0.16	
	25	0.006	0.09	0.22	0.01	14.9	0.013	0.31	0.2*	—	—	—	—	—	0.11	
	26	0.005	0.05	0.24	0.03	14.1	0.001	0.65	2.1*	0.15	0.007	0.0009	—	—	0.78*	
	27	0.006	0.23	0.14	0.01	16.1	0.004	0.63	1.5	0.25*	0.007	0.0009	—	—	0.42	
	28	0.008	0.28	0.16	0.04	14.1	0.003	0.90	0.5	0.15	0.16*	0.0010	—	—	0.46	
	29	0.007	0.05	0.05	0.02	16.8	0.006	0.77	0.6	0.05	0.063	0.0055*	—	—	0.58	
	30	0.007	0.18	0.23	0.01	15.8	0.011	0.45	0.7	0.11	0.010	0.0032	3.6*	—	0.78*	
	31	0.004	0.05	0.05	0.01	16.3	0.008	0.55	1.1	0.18	0.054	0.0026	—	1.2*	0.59	
	32	0.005	0.05	0.14	0.01	17.8	0.013	0.55	1.6	0.03	0.07	0.0013	—	—	1.8*	
	33	0.002	0.29	0.13	0.02	14.2	0.012	0.51	1.8	—	—	—	—	—	0.61*	
	34	0.003	0.28	0.10	0.02	16.3	0.015	0.48	1.9	0.18	0.008	0.0009	—	—	0.75*	
	35	0.003	0.04	0.10	0.028	16.1	0.011	0.47	1.7	0.15	0.005	0.0005	—	—	0.61*	
	36	0.004	0.13	0.11	0.018	16.9	0.013	0.42	1.3	—	—	—	—	—	0.64*	
	37	0.002	0.11	0.09	0.03	16.2	0.015	0.55	1.6	0.11	0.006	0.0008	—	—	0.79*	
	38	0.004	0.23	0.09	0.018	15.2	0.009	0.39	1.5	0.11	0.005	0.0005	—	—	0.82*	
	39	0.003	0.05	0.09	0.015	19.2	0.009	0.55	1.8	0.11	0.006	0.0006	—	—	0.83*	
	40	0.007	0.28	0.13	0.010	15.8	0.011	0.45	0.7	0.14	0.010	0.0032	0.25	—	0.62*	
	41	0.004	0.25	0.25	0.010	16.3	0.008	0.55	1.1	0.05	—	0.0026	—	0.5	—	0.73*
	42	0.005	0.26	0.21	0.010	17.8	0.013	0.55	1.6	0.03	0.070	0.0013	—	—	0.12	0.72*
	43	0.006	0.15	0.11	0.020	18.6	0.005	0.55	1.8	0.18	—	0.0011	0.52	—	0.05	0.65*
	44	0.009	0.06	0.09	0.010	18.3	0.003	0.55	1.4	0.15	0.006	0.0008	2.3	—	—	1.23*

* 本発明から外れているもの

表 4

比較例	No.	冷延板焼鈍温度 ℃	熱延板焼鈍条件		冷延素材のNb析出量 (体積%)	冷延素材のNb系析出物 直径 μm	冷延素材の再結晶粒径 μm	冷延素材の再結晶率 %	製品板のr 値	製品板のΔ r 値	製品板の伸び %	製品板の高温強度 MPa
			温度℃	時間秒								
	17	1070	850	60	0.18	0.13	64*	100*	0.9*	0.6*	30*	16*
	18	1030	950	100	0.23	0.15	78*	100*	1.1*	0.6*	29*	23
	19	1070	920	30	0.26	0.26	65*	95*	1.4	0.4	32*	24
	20	1030	925	160	0.34	0.19	55*	100*	1.4	0.4	34*	24
	21	1070	975	40	0.28	0.31	53*	83*	1.4	0.4	30*	25
	22	1050	950	60	0.24	0.26	73*	100*	1.3*	0.7*	30*	21*
	23	1050	1150	80	0.12*	0.09*	85*	95	0.9*	0.9*	28*	26
	24	1030	1000	50	0.39	0.18	66*	96*	1.1*	0.6*	31*	17*
	25	1030	850	60	0.15	0.07*	38	100*	0.9*	0.8*	38	17*
	26	1030	850	1000	0.59	0.09*	22	20	0.9*	0.4	29*	23
	27	1030	950	60	0.55	0.62	40	77	1.6	0.4	33*	19*
	28	1030	850	36000	0.58	0.26	83*	40	1.3*	0.4	33*	20
	29	1070	950	25	0.43	0.17	33	50	1.3*	0.4	31*	20
	30	1050	1100	100	0.39	0.23	67*	85	1.3*	0.4	25*	25
	31	1070	1100	100	0.20	0.22	84*	95*	1.3*	0.6*	25*	26
	32	1070	1100	100	0.30	0.33	103*	100*	1.2*	0.9*	25*	27
	33	900*	950	80	0.31	0.21	18	21	1.5	0.1	32*	21
	34	900*	940	70	0.16	0.18	39	88	1.6	0.3	34*	22
	35	950*	1000	60	0.05*	0.09*	55*	95*	1.3*	0.6*	34*	22
	36	980*	700	30000	0.40	0.09*	40	2*	1.3*	0.9*	34*	21
	37	1000*	1020	150	0.13	0.12	120*	100*	0.9*	0.8*	33*	22
	38	950*	1000	100	0.15	0.11	64*	90	1.3*	0.5*	34*	21
	39	900*	1010	30	0.51	0.22	40	100*	1.4	0.5*	32*	25
	40	1000*	無し	無し	0.19	0.15	60*	2*	1.1*	0.1	36	24
	41	1000*	1050	120	0.05*	0.11	89	86*	1.3*	0.6*	35	25
	42	1000*	700	300	0.35	0.08*	38	20	1.2*	0.3	33*	26
	43	1000*	1100	500	0.23	0.53	83*	85	1.3*	0.5*	33*	26
	44	950*	1075	60	0.23	0.24	38	100*	1.3*	0.5*	27*	27

* 本発明から外れているもの

産業上の利用可能性

本発明によれば成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼板を新規設備を必要とせず、効率的に提供することができる。

請 求 の 範 囲

1. 質量%で、C : 0.001~0.010%、Si : 0.01~0.3%、Mn : 0.01~0.3%、P : 0.01~0.04%、N : 0.001~0.020%、Cr : 10~20%、Nb : 0.3~1.0%、Mo : 0.5~2.0%を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物より成るフェライト系ステンレス鋼板において、総析出物が質量%にて0.05~0.60%以下であることを特徴とする成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼板。

2. 質量%で、さらに、Ti : 0.05~0.20%、Al : 0.005~0.100%、B : 0.0003~0.0050%の1種または2種以上を含有することを特徴とする請求項1記載の成形性に優れるフェライト系ステンレス鋼板。

3. 質量%で、さらに、Cu : 0.2~3.0%、W : 0.01~1.0%、Sn : 0.01~1.0%の1種または2種以上を含有することを特徴とする請求項1または2記載の成形性に優れるフェライト系ステンレス鋼板。

4. 請求項1~3のいずれかの項に記載の成分組成を有する冷間圧延素材をNb系析出物が体積%にて0.15%以上0.6%以下、かつ直径が $0.1\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下となるよう製造し、続いて冷間圧延、1010~1080℃で焼鈍することを特徴とする成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼板の製造方法。

5. 請求項1~3のいずれかの項に記載の成分組成を有する冷間圧延素材を再結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以上 $40\mu\text{m}$ 以下、かつ再結晶率が10~90%になるように製造し、続いて冷間圧延、1010~1080℃で焼鈍することを特徴とする成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼板の製造方法。

6. 請求項1~3のいずれかの項に記載の成分組成を有する冷間

圧延素材をNb系析出物が体積％にて0.15％以上0.6％以下、かつ直径が $0.1\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下、かつ再結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以上 $40\mu\text{m}$ 以下、かつ再結晶率が10～90％になるように製造し、続いて冷間圧延、 $1010\sim 1080^{\circ}\text{C}$ で焼鈍することを特徴とする成形性に優れたフェライト系ステンレス鋼板の製造方法。

要 約 書

本発明は、成形性に優れるフェライト系ステンレス鋼板を提供するもので、質量％で、C : 0.001~0.010%、Si : 0.01~1.0%、Mn : 0.01~1.0%、P : 0.01~0.04%、Cr : 10~20%、N : 0.001~0.020%、Nb : 0.3~1.0%、Mo : 0.5~2.0%を含有する鋼において、総析出物が質量％にて0.05~0.60%以下である成形性に優れるフェライト系ステンレス鋼板。製造過程における冷間圧延素材のNb系析出物が体積％にて0.15%以上0.6%以下、かつ直径が $0.1\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 以下析出し、又は／かつ再結晶粒径が $1\mu\text{m}$ 以上 $40\mu\text{m}$ 以下、かつ再結晶率が10~90%になるよう製造し、続いて冷間圧延、1010~1080℃で焼鈍することにより上記成形性に優れるフェライト系ステンレス鋼板を製造する方法。

Fig.1

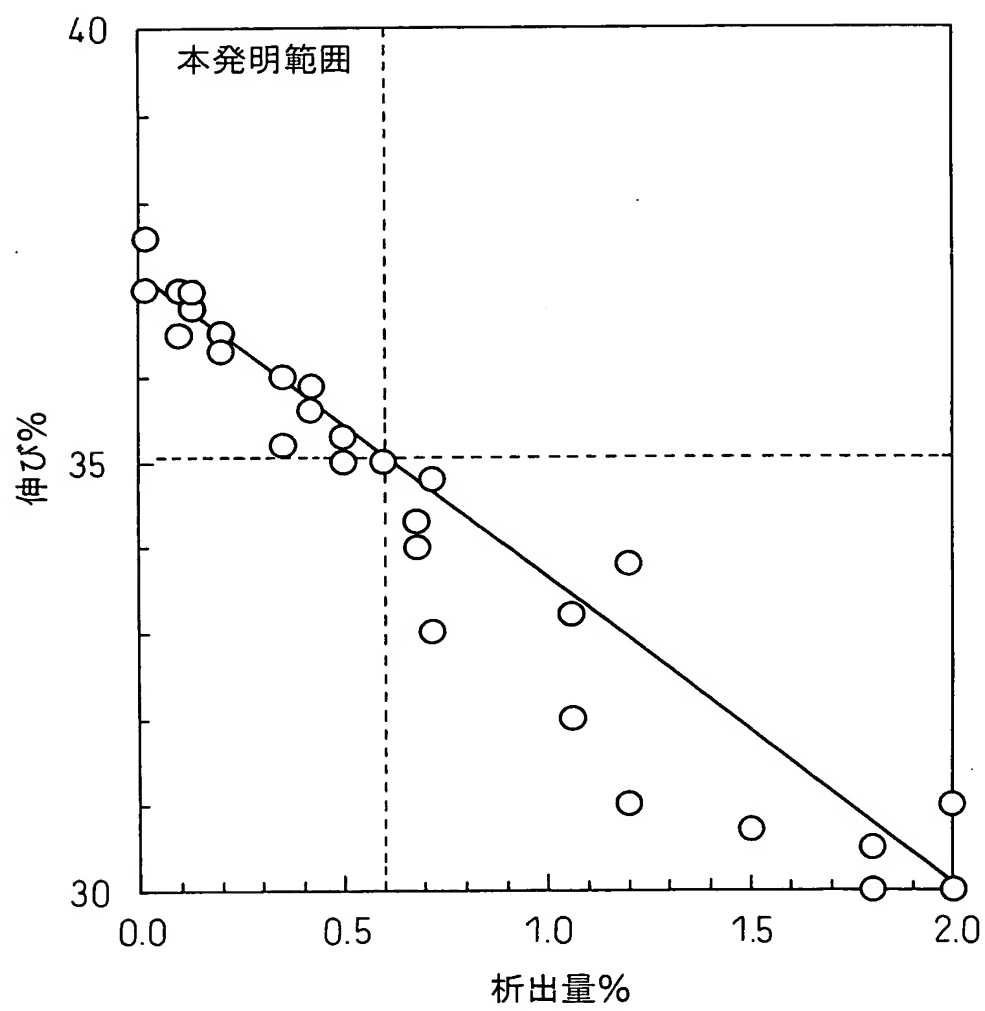


Fig.2

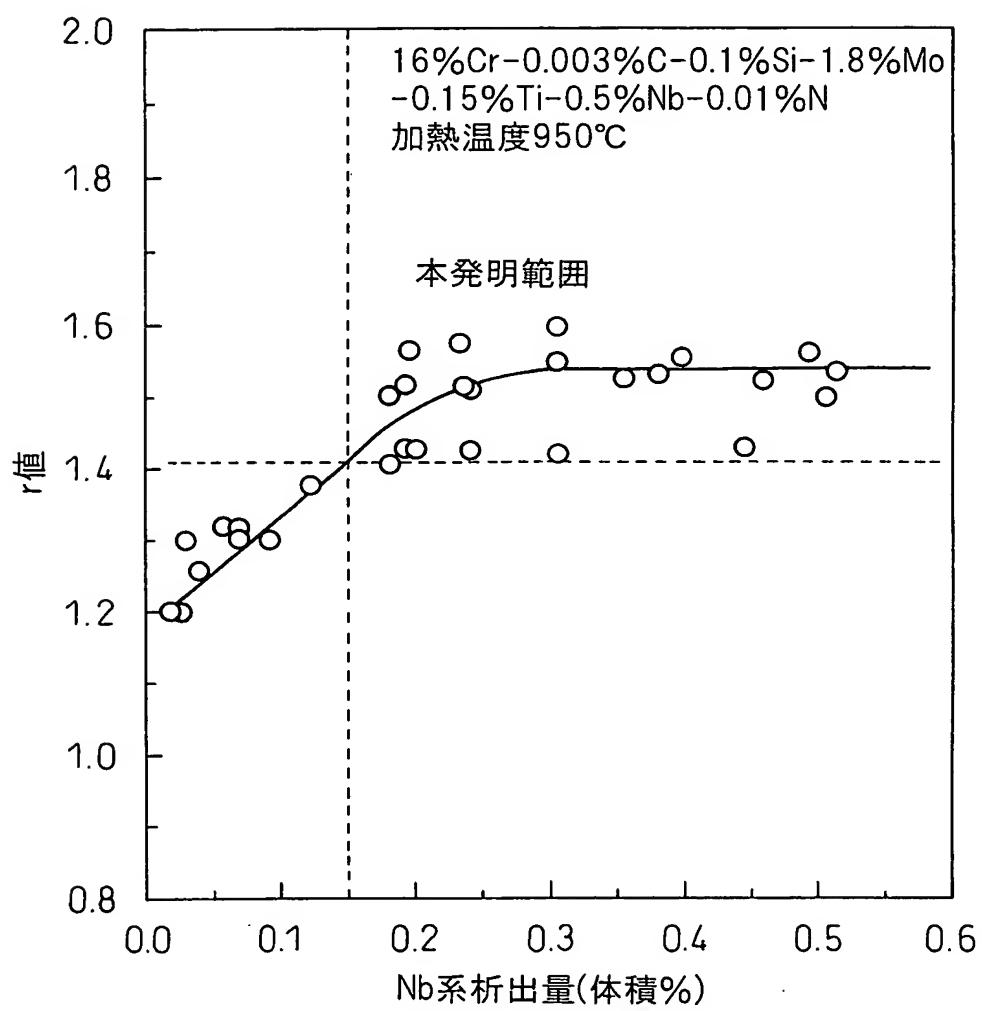


Fig.3

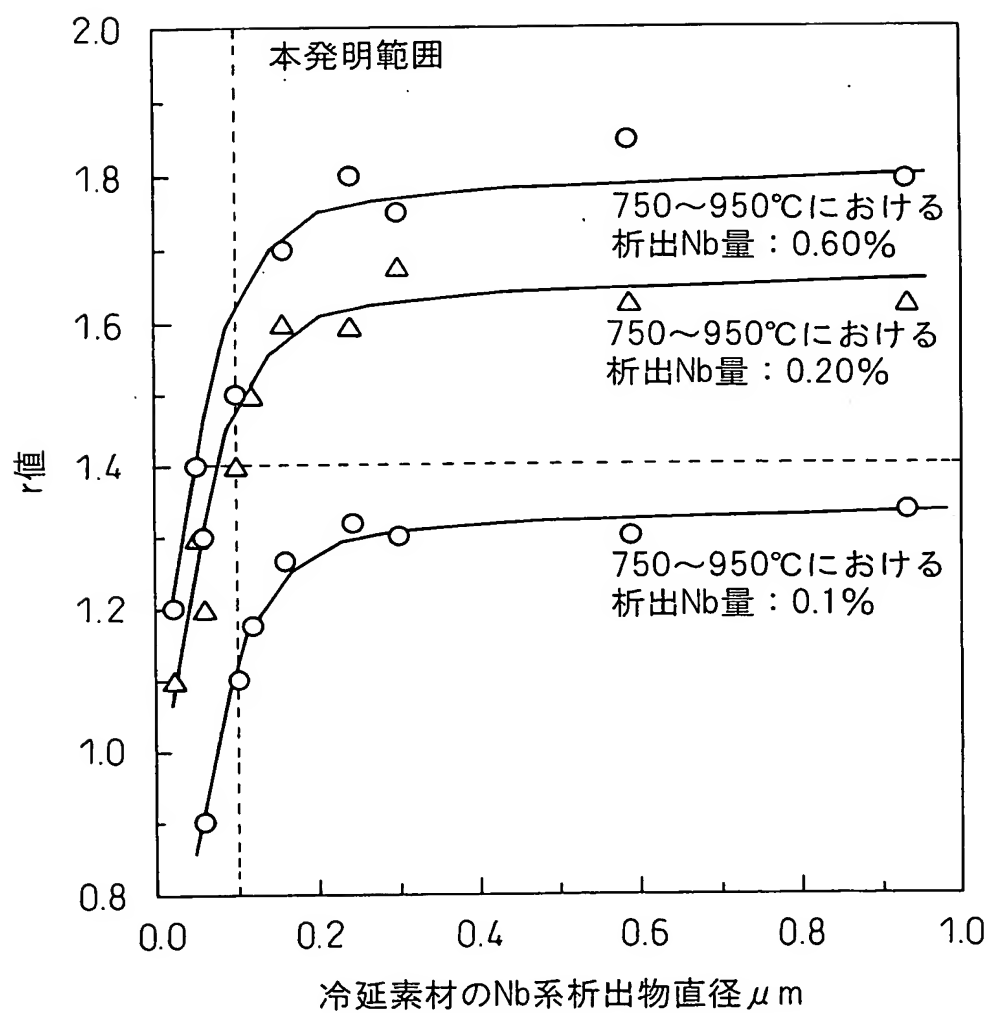


Fig.4

